ANCKIT使用説明書（2012.3.9 改訂）

改定内容の概要：　誤記訂正.　セキュリティ・ソフトについての注意等を追加.

（有）ケプストラム

206-0021東京都多摩市連光寺2-33-1

TEL (042)357-0621

FAX (042)357-0622

http://www.cepstrum.co.jp/

■ ANCソフトウェアの使用許諾条件

・ANCKIT付属ANCソフトウェアの著作権は当社（有限会社ケプストラム）にあります.
・お客様がANCソフトウェアを使用されたことにより生じたいかなる不利益についても当社はその責を負いません.
・お客様は自由にANCソフトウェアを改変して使用することが出来ます.　ただしオリジナルも改変したものも第三者へのソースコード公開は禁じます.
・お客様が販売される製品への組込に関しては，オリジナルのANCソフトウェアも，それをお客様が改変されたものについてもロイヤリティ支払いや使用許諾申請は不要です.　ただしANCKIT類似の学習教材，実験キット等に組み込んでの販売は禁止します.

■ ANCKITの構成

・実験用ミニチュア・ダクト
　アルミ製全長1.50m（または1.59m），内径26mm x 56mm.　マイク／スピーカ付属.
・ANCコントローラ・ボード
　TI製DSP評価ボード C6713 DSK，DSK用A/D・D/Aボード DSK8AD1DA，ANCAMP（アンプ基板）の組合せ.
・ANCソフトウェア
　C6713 DSK用のANCソフトウェア.　Ｃソースコード付属.　アセンブラは一切用いていない平易な記述のプログラムです.　消音アルゴリズムは標準的な filtered-x LMSアルゴリズムを用いています.
・接続ケーブル類一式

TIのDSP評価キット C6713 DSK には統合開発環境CCS（Code Composer Studio）およびコンパイラ・ツール（Ｃコンパイラ，アセンブラ，リンカ）等が含まれています.

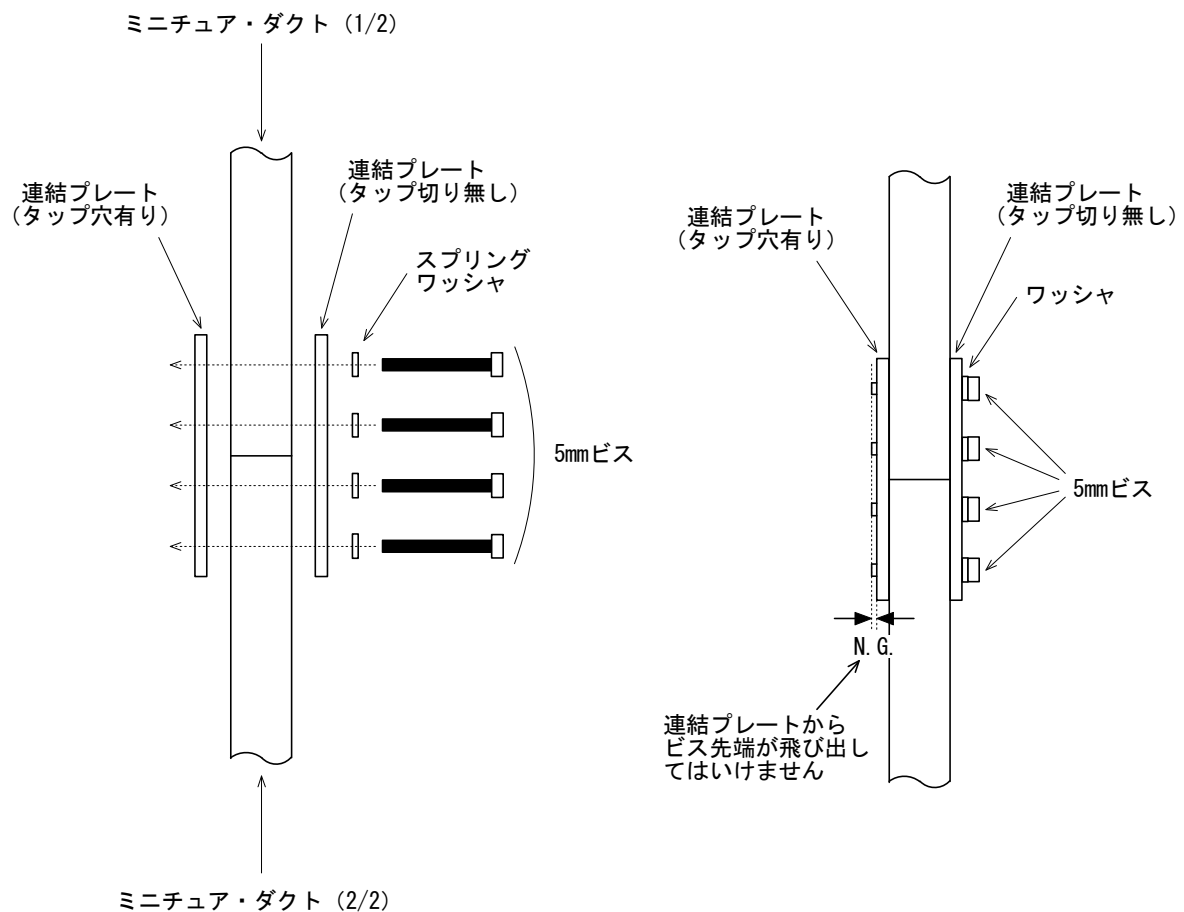
■ ANCKIT以外に必用な機材

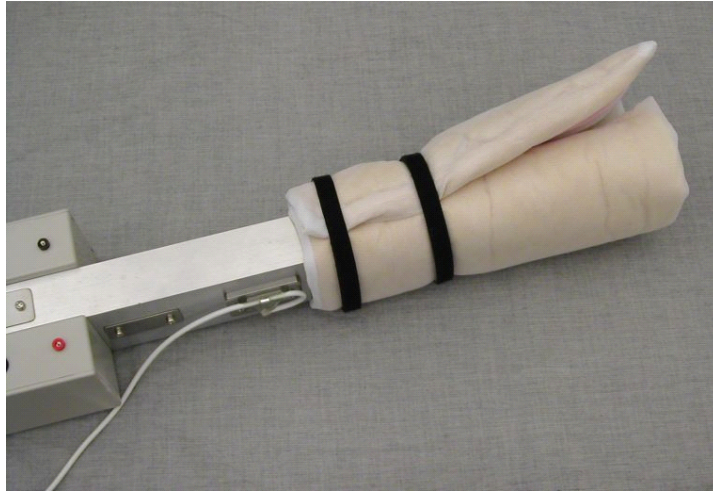
＊USBポートを備えたWindowsパソコン（OSは Windows XP または Windows 2000）.
Windows Vista，Windows 7 Home Premium では、フリーの仮想化ソフト（仮想マシン）VirtualBoxを用いゲストOSとして Windows XP または Windows 2000 を動かすことにより対応可能です.
Windows 7 Professional 以上では、VirtualPC/XP Mode を用いて対応可能です.
＊AC100V電源

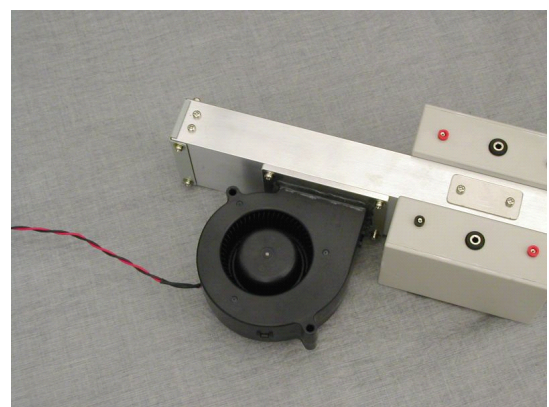
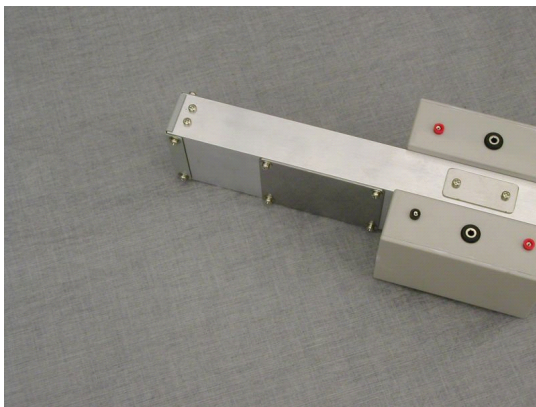
・パソコンへのプログラムのインストールにはDVD-ROMドライブが必用です.
・騒音レベルのモニタ，分析・録音のためにパソコン内蔵のサウンドボード（サウンド機能）を用います.
モノラルのマイク入力しかないノート・パソコンでも問題ありませんが，出来ればステレオのライン入力があるデスクトップ・パソコンを用いることをお勧めします.（あるいはモニタにはFFTアナライザやオシロスコープを用いてください）
・パソコン内蔵サウンドボード（サウンド機能）を使って騒音レベルをモニタしたり，録音するのには WaveSpectra 等のフリーソフトが使用可能です.　WaveSpectra ではFFT分析も可能です.
詳細な分析，録音・編集作業をされる場合は，Adobe製のオーディオ編集ソフトAdobe Audition を使用することをお勧めします.　Adobe Audition は一般のパソコンショップ，ソフトウェア取り扱い商社等から容易に入手可能です.
なお当社では AdobeAudition は取り扱っておりません.

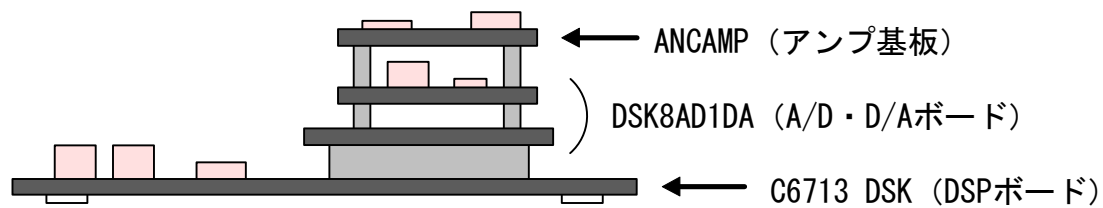
■ ミニチュアダクトの組立

・実験用ミニチュア・ダクトは２分割構造になっています．　下図のように付属の連結プレート，ビス，スプリング・ワッシャを使って組み立ててください．　組立の際はダクトを垂直に立てて，接合部に隙間が出来ないように密着させてからビスを締めて下さい．

・連結プレートからボルト先端が飛び出すほど過大なトルクで締め付けないでください．
過大なトルクで締め付けるとダクト本体および連結プレートが撓みますので注意してください．

■ 吸音材の取り付け

・付属のベルクロテープを使ってダクト下流側開口端に取り付けて下さい.　下流開口部を完全に塞いでしまわないように、軽く巻き付ける程度にして下さい.
・吸音材を取り付けなくても消音実験は可能ですが, 定在波の影響が少し大きくなります.
また周囲の騒音が大きい場所では, ダクト下流側のエラーセンサー・マイクに外部騒音が混入して消音動作に悪影響を与える可能性があります.

■ カバープレートの交換

・カバープレートは交換可能です.　カバープレートを取り付けた状態では、ダクト下流端のみが開口した閉管での実験になります.
・カバープレートの取り付けネジは過大なトルクで閉めすぎないで下さい.　厚さ2mmのアルミ製ダクト本体にネジを切ってあるので, 閉めすぎるとネジ穴が潰れてしまいます.
・端部のフタまたはカバープレートを外して、掃除機の排気や既存のファン出力気流をダクトに流しての実験も可能です.
・下右の写真の送風ファンはオプションです.

■ ANCコントローラ・ボードの構成

・ANCコントローラ・ボードの構成を下図に示します.

・C6713 DSK（C6713 DSK）の使用方法はDSK付属の資料をご覧下さい.
・DSK8AD1DA（A/D・D/Aボード）の基板は２枚重ねになっています.　使用方法，スペック等の詳細はDSK8AD1DAのマニュアルをご覧下さい.
・ANCAMP（アンプ基板）は最上段の基板です.　ANCAMPを取り外し，お客様が用意されたアンプ，LPFを直接DSK8AD1DAに接続して消音実験をすることも可能です.
・長さに余裕のあるダクトで実験する場合は，C6713 DSK搭載のCODEC（ΣΔ型A/D・D/A）を用いることが出来ます.
（DSK8AD1DAおよびANCAMPは必要ありませんが、外付けのパワーアンプが必要です）
製品付属のANCプログラムは入出力をDSK8AD1DAからCODECに変更するだけの部分的修正で使用できます.

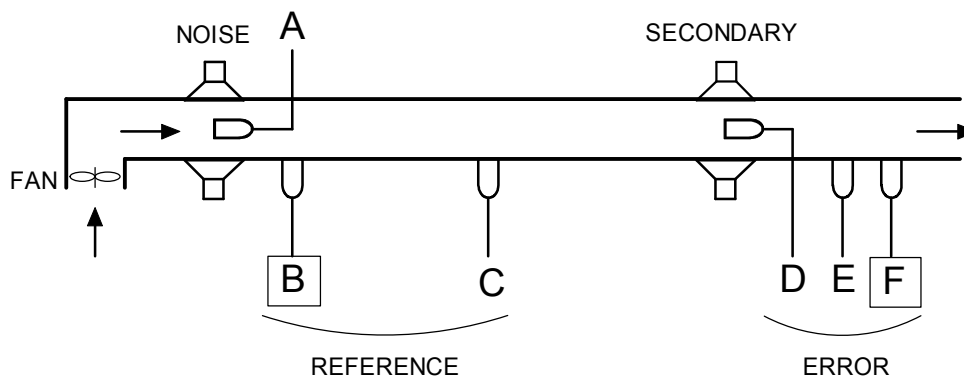
■ DSK8AD1DA（A/D・D/Aコンバータ・ボード）の設定

DSK8AD1DA は下記のように設定してください.　サンプル・プログラムでは
ジャンパピン JP-INT は任意の設定で問題ありません.

スイッチ／ジャンパ	SW1	SW2	SW3	JP-ADR	S-DAR	S-POL
設定値	1	3	7	5	B	P

■ ダクトのマイク取付位置

実験用ミニチュア・ダクトにはマイク取付穴が複数ありますが，製品付属のサンプル・プログラムを動かす場合は，特に指定の無い限り下図の位置にマイクを取りつけてください．　マイク取付位置を変更した場合，プログラム内部の動作パラメータを変更しなければならない場合があります．（下図中のファンはオプションです）

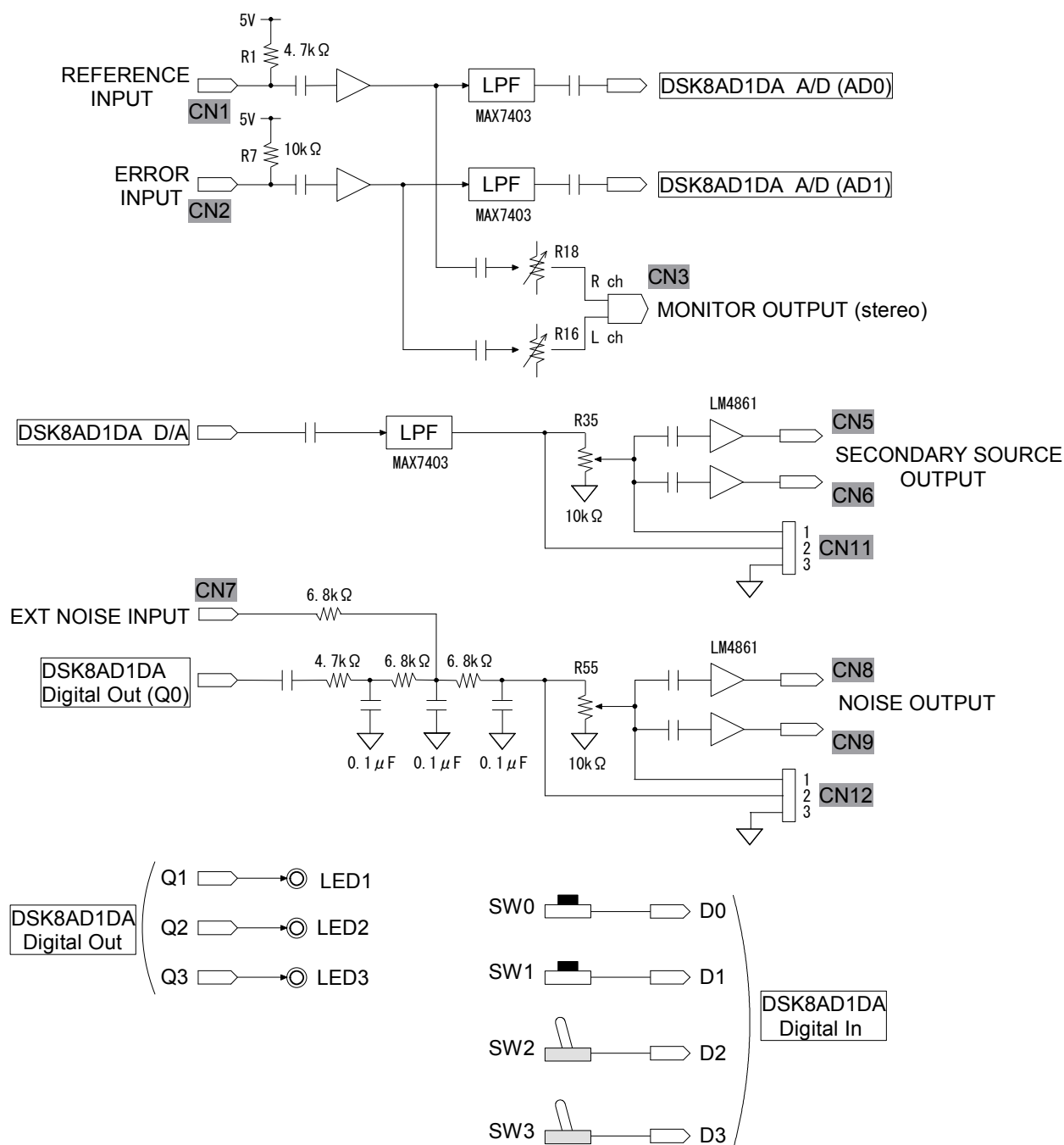
REFERENCE INPUT 用マイク取付位置：Ｂ
ERROR INPUT 用マイク取付位置　　：Ｆ

■ ファンの電源（ファンはオプションです）

・気流を流した状態で実験をする場合は，シロッコ・ファン（ブロア）用の電源を用意してください．　ファンの定格は電源電圧12V，消費電流約500mAです．　余裕を見て出力1A程度の電源を用いてください．（非安定化電源で差し支えありません）
・ファンを使って気流を流すと，ダクト内に発生する乱流によるアクティブ消音効果減少の確認実験が出来ます．（実際のダクト消音システムでも，ダクト内に気流を流した実使用状態で性能評価が必要です）
本キットのダクト付属ファンは小型のものなので，発生する騒音レベルは大きくありません．　ファンで気流を流した実験の際も消音対象となるのはダクト上流側に取り付けたスピーカから放射した雑音になります．

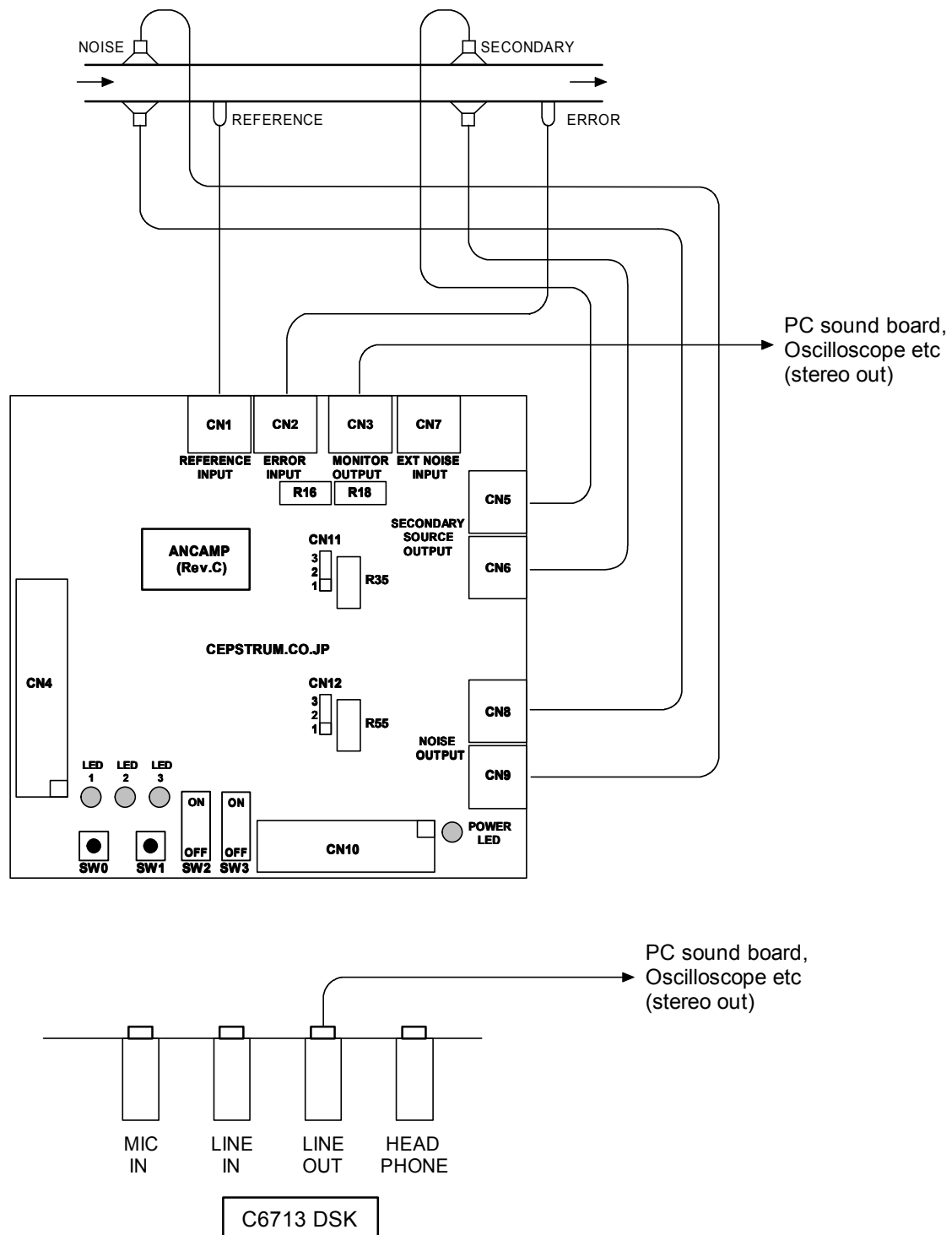
■ ミニプラグの結線

・ミニプラグの結線は下図のようになっています．
・モノラルのプラグをステレオのジャックに，あるいはステレオ・プラグをモノラル・ジャックに接続する場合はご注意下さい．　モノラルとステレオのプラグ，ジャックを混用するとステレオ側の左チャネル（L ch）の信号だけしか扱えません．

■ ANCAMP の回路構成

・マイク入力端子（REFERENCE INPUT, ERROR INPUT）は外部電源供給型の２端子エレクトレット・コンデンサマイク用の回路になっています．　入力端子にDC電圧が印可されますので，ダイナミック・マイク等は接続しないでください．
・MONITOR OUTPUT はマイク入力信号をオシロスコープやサウンドボードを使ってモニターするためのものです．（ステレオ出力です）　R16, R18 がモニタ出力レベル設定用のトリマ（可変抵抗）です．
・EXT NOISE INPUT は外部音源を用いて実験をおこなうための入力です．
・消音対象となる雑音は NOISE OUTPUT に接続したスピーカより出力します．　雑音源は DSK8AD1DA のデジタル出力Q0より出力した２値の疑似乱数（Ｍ系列信号）をパッシブLPFでフィルタリングしたものを用いています．
・雑音源以外のLPFにはスイッチト・キャパシタ型の MAX7403（MAXIM）を用いています．　カットオフ周波数は約2.5kHzです．
・スピーカを駆動するパワーアンプにはLM4861を用いています．　R35, R55 はスピーカ出力レベル設定用のトリマ（可変抵抗）です．
・外付けのパワーアンプを使用する場合はCN11, CN12より信号を取り出してください．
CN11の出力には直流電位が重畳しているので，必要に応じて直流阻止用のコンデンサを外付けしてください．

■ ANCAMP とミニチュアダクト等の接続

使用するプログラムの説明で特に指定の無い限り，ANCAMP基板とダクト付属マイク，スピーカは下図のように接続して下さい．

NOISE
SECONDARY
REFERENCE
ERROR
PC sound board,
Oscilloscope etc
(stereo out)
CN1
REFERENCE INPUT
CN2
ERROR INPUT
CN3
MONITOR OUTPUT
CN7
EXT NOISE INPUT
R16
R18
CN5
SECONDARY SOURCE OUTPUT
CN6
ANCAMP (Rev.C)
CN11
R35
CEPSTRUM.CO.JP
CN4
CN12
R55
CN8
NOISE OUTPUT
CN9
LED 1
LED 2
LED 3
ON OFF
SW0
SW1
SW2
SW3
CN10
POWER LED

・MONITOR OUTPUT（CN3），C6713 DSK の LINE OUT はステレオ・ミニジャックです．　パソコンのサウンド・ボード，オシロスコープ等に接続してANCの動作状態をモニターするのに用います．（ANCAMPの他のコネクタはモノラルです）

■ スピーカ出力端子の接続注意事項

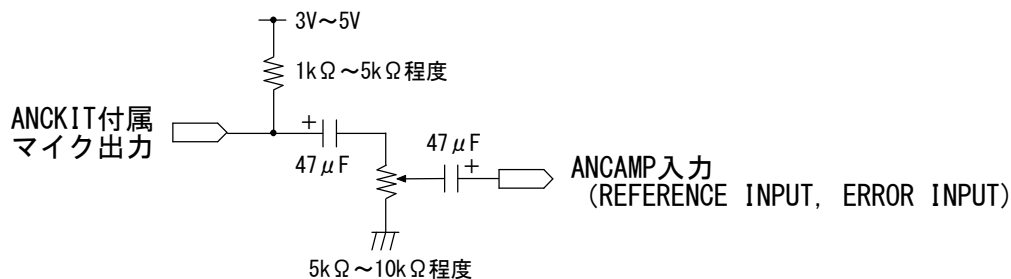
ANCAMP のスピーカ駆動用パワーアンプLSI LM4861はBTL出力（差動出力）です．　スピーカ出力端子のコネクタ（CN5, CN6, CN8, CN9）にはミニジャックを用いていますが，ミニジャックのグランド端子は回路のグランドに接地されていません．　スピーカ出力端子のグランドを他の入出力コネクタのグランド端子を短絡しないでください．
またスピーカ出力端子のグランド同士も短絡しないでください．（例：CN5⇔CN6, CN5⇔CN8, CN8⇔CN9 etc）
最悪の場合，パワーアンプLSI LM4861が壊れます．

■ パワーアンプLSI LM4861の発熱について

パワーアンプLSI LM4861の放熱器（ヒートシンク）が熱くなりますが問題ありません．　手で触れないくらい熱くなる場合は動作不良の可能性がありますので当社までご連絡ください．

■ ANCAMPにパワーアンプを外付けする場合の注意

ANCAMP搭載のパワーアンプ（LM386）は電源電圧5Vの比較的出力が小さいものです．　お客様が製作された大型のスピーカを取りつけたダクトと，ANCKITを接続して実験される場合は，CN11, CN12から出力（NOISE OUTPUT, SECONDARY SOURCE OUTPUT）を取り出して大出力のアンプを外付けしてください．　その場合，以下の点にご注意下さい．

・外付けのアンプのゲインは適切に設定する必要があります．
　外付けアンプのゲインが極端に小さすぎたり大きすぎると消音効果が減少します．（最悪の場合は発振します）
　NOISE OUTPUT側に接続するアンプとSECONDARY SOURCE OUTPUT側に接続するアンプのゲインは同一に設定してください．
・CN11の出力には直流電位が重畳しているので，必要に応じて直流阻止用のコンデンサを外付けしてください．
・外付けアンプを使ってスピーカの音量を上げると，マイク・アンプが過大入力によりクリップする場合があります．
　必要に応じて下図に示すようにアッテネータとバイアス回路を外付けして下さい．

・音量を上げると，条件によってはANCKIT付属マイクそのものがクリップしてしまうことがあります．
　その場合は，代わりに許容入力レベルの大きい計測用マイクを用いてください．（ただし直流カットのためのAC結合回路を外付けする必用があります）
・ダクト長に余裕がある大型ダクトで実験する場合は，DSK8AD1DAを用いずにC6713 DSK搭載のΣΔ型A/D・D/A使用してもかまいません．（プログラムの修正要）　C6713 DSKのライン入力（ステレオ）にマイクを接続するためには外付けのマイクアンプが必要です．（オーディオテクニカ AT-MA2 等）　C6713 DSKのマイク入力はモノラルです．

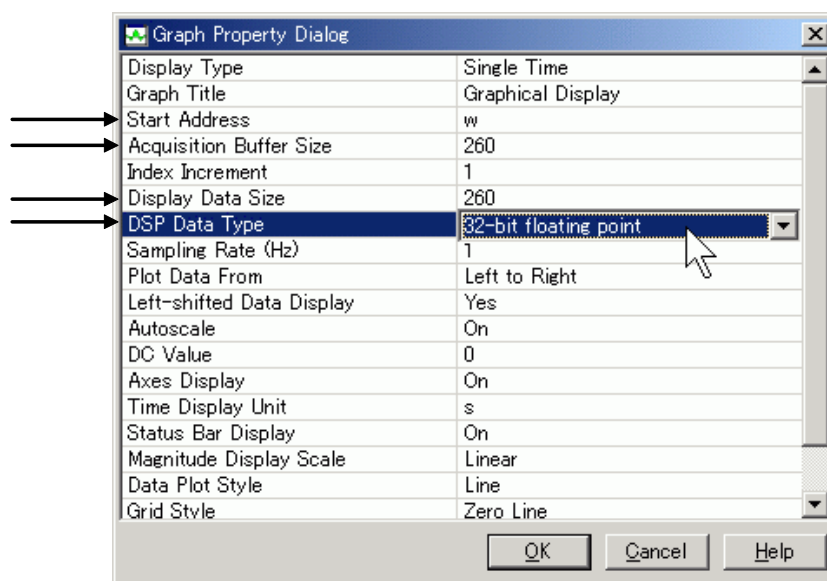
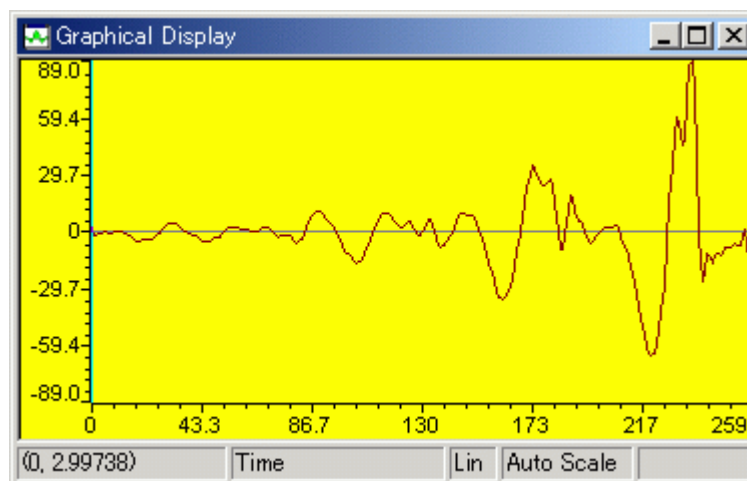
■ CCS(Code Composer Studio)の使用方法

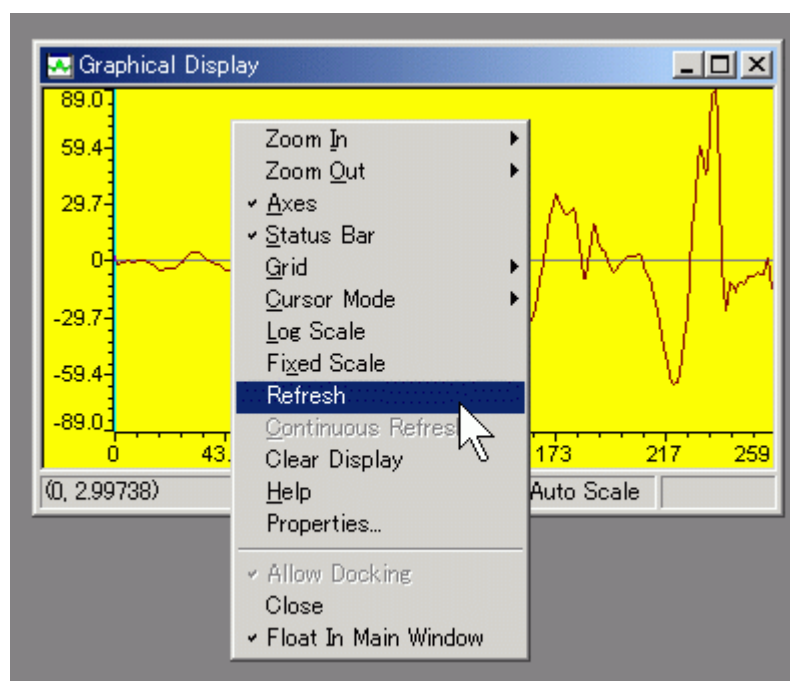
CCS(Code Composer Studio)はTI(Texas Instruments)のDSP統合開発環境です． C6713 DSK付属のCCSはDSK専用版ですので，パソコンのUSBポートにC6713 DSKを接続していないと起動しません． (C6713 DSK がハードウェア・プロテクト・キーの役割を果たしています)
CCSの使用法の詳細はDSK付属マニュアルおよびHELPファイルをご覧下さい．

＊簡単な使用法は下記のとおりです．

・プロジェクトのオープン	Project → Open
・プロジェクトのビルド（コンパイル，リンク）	Project → Rebuild All
・DSKの接続	Debug → Connect
・ビルドしたプログラムのDSKへのロード	File → Load Program
・DSKへロードしたプログラムの実行	Debug → Run
・プログラムの実行停止	Debug → Halt
・DSKの切り離し	Debug → Disconnect

＊CCSで一次元配列中のデータのグラフ表示が可能です． グラフ表示をする場合は下記のように操作してください．

・File → Load Program でプログラムをDSK側にロードした後に，
View → Graph → Time/Frequency... で下図のグラフ表示設定ウインドウが開きます．
「Start Address」に表示する一次元配列名，「Acquisition Buffer Size」，「Display Data Size」に一次元配列の長さ，「DSP Data Type」に一元配列の型を設定します． なおANCプログラムで用いている一次元配列の型はすべて浮動小数点（32bit floating point）です．

・パラメータを入力してOKのボタンをクリックすると，下図のようなグラフが表示されます．　下図はサンプル・プログラムを動かして適応フィルタ係数w[]のグラフを表示した例です．

・サンプル・プログラムのFIRフィルタ，適応フィルタはリング・バッファを用いて処理しているために，CCSでフィルタ係数をグラフ表示するとインパルス・レスポンス（フィルタ係数）が左右逆転して表示されることにご注意下さい．

・グラフ上でマウスを右クリックして表示されるメニューで Refresh を選べば，DSPがプログラムを実行中でもグラフ表示を更新することが出来ます．

■ ANCソフトウェアの概要

ANCソフトウェア収録CD-ROMのディレクトリ構成は以下のようになっています.

・ANCソフトウェアはパソコンのハードディスクにディレクトリごとコピーした上で，リードオンリー（読み取り専用）の属性を外してご利用ください. ディレクトリ名には日本語（２バイト文字）は使わないでください.

・ディレクトリ ¥ANCKIT¥NORM に収録されているのは，Ｃ言語標準のランタイム・ライブラリ以外のライブラリには依存していない標準版アクティブ消音プログラムが収録されています. 他のDSP／プロセッサを用いたシステム等にも容易に移植可能です.

・ディレクトリ ¥ANCKIT¥FAST にはTIのDSPライブラリを用いた高速版ANCソフトウェアが収録されています. TIの高速演算ライブラリを使用しているので処理が高速になり，その分フィルタのタップ長を大きくすることが出来ます. DSPライブラリを使用した高速版プログラムはTMS320C6700シリーズ以外のプロセッサを搭載したハードウェアには移植出来ません.

・TIのDSPライブラリの詳細については，TIが公開している『SPRU657B TMS320C67x DSP Library Programmer's Reference Guide』をご覧ください. DSPライブラリ dsp67x.lib（SPRC121 TMS320C67x DSP Library）はTIのweb（http://www.ti.com）よりダウンロード可能です.

・CCSのバージョンアップに伴う仕様変更のために，CCS Ver.3.1では作成したプログラムとTIが配布している dsp67x.lib をリンクすることが出来ません. そのために，ANCKITで用いているDSPライブラリ関数のみを CCS Ver.3.1で再コンパイルした anckit_dsplib.lib をディレクトリ ¥anckit¥anckit_dsplib に収録してあります. 高速版ANCソフトウェアでは dsp67x.lib の代わりに anckit_dsplib.lib をリンクして用いています.

・ANCKIT付属ミニチュアダクトを用いて実験される場合，標準版・高速版どちらのディレクトリのANCソフトウェアを使用されても消音性能に相違はありません.

・お客様が作成された（インパルス・レスポンスの継続時間が長い）大型のダクトを使って実験される時に高速版のANCソフトウェアを使用すれば，フィルタ・タップ長を長く設定して消音性能を向上させることが可能です. 消音用スピーカ⇔エラー・センサマイク間の伝達特性のオンライン推定をおこなうプログラムを作成される場合も高速版プログラムをご利用下さい.

・ディレクトリ ¥DSK8AD1DA には A/D・D/A ボード DSK8AD1DA 用のライブラリ，サンプル・プログラム等が収録されています. これらの使用法に関してはDSK8AD1DAの説明書をご覧ください.

・ANCソフトウェアを修正・改変して使用される場合、ソースコードに日本語（２バイト文字）は使用しないでください. コメントにも日本語（２バイト文字）は使用不可です. ファイル名、ディレクトリ名も日本語（２バイト文字）を使ってはいけません. 特に全角スペースの使用は再現性が無く対処困難なトラブルの原因となりますので、ご注意下さい.

■ ANCソフトウェアを用いた消音実験の手順

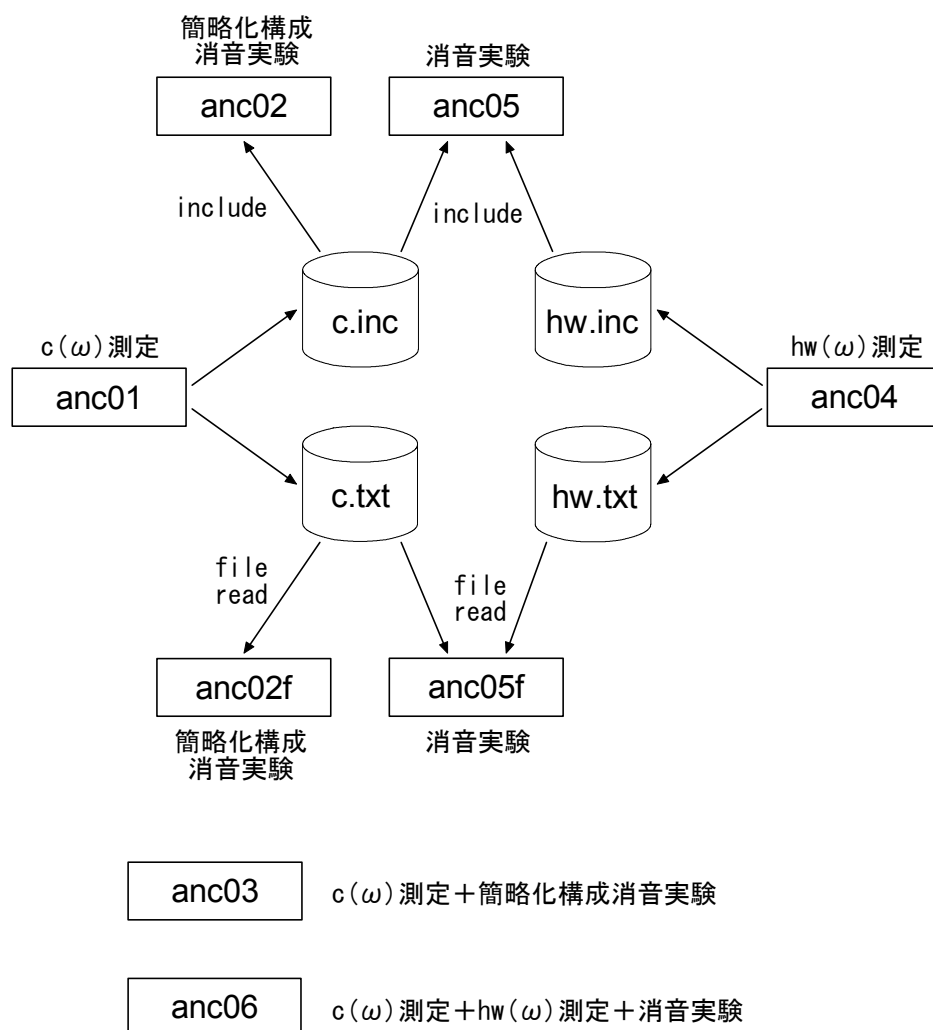
ANCソフトウェアを用いた消音実験の手順は下図のようになります.

- anc02, anc02f は簡略化した構成での消音プログラムです. ダクト長の制約を受けずに, システムの動作チェックをおこなうことが出来ます. 消音実験をする前に, あらかじめ anc01 を用いて伝達特性c(ω) を測定しておかなければなりません. anc02, anc02f の消音動作は同一ですが, anc01 の測定データを読み込むファイル形式が異なります.

- anc05, anc05f は正規の構成の消音プログラムです. 消音実験をする前に, あらかじめ anc01, anc04 を用いて伝達特性c(ω), hw(ω) を測定しておかなければなりません. hw(ω) は anc04 を用いて測定します.
anc05, anc05f の消音動作は同一ですが, anc01, anc04 の測定データを読み込むファイル形式が異なります.

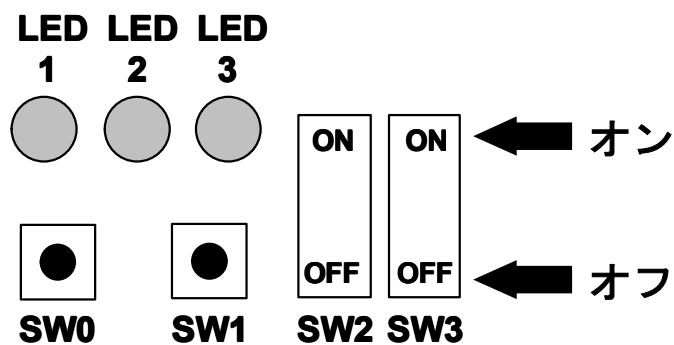
- anc02, anc05 は測定データを include してプログラムに取り込むようになっていますので, 実験の際にはプログラムの再コンパイル（ビルド）が必要です. anc02f, anc05f はファイル・セーブした測定データを読み込みますので, c(ω), hw(ω) の再測定をおこなってもプログラムをコンパイルし直す必要はありません.

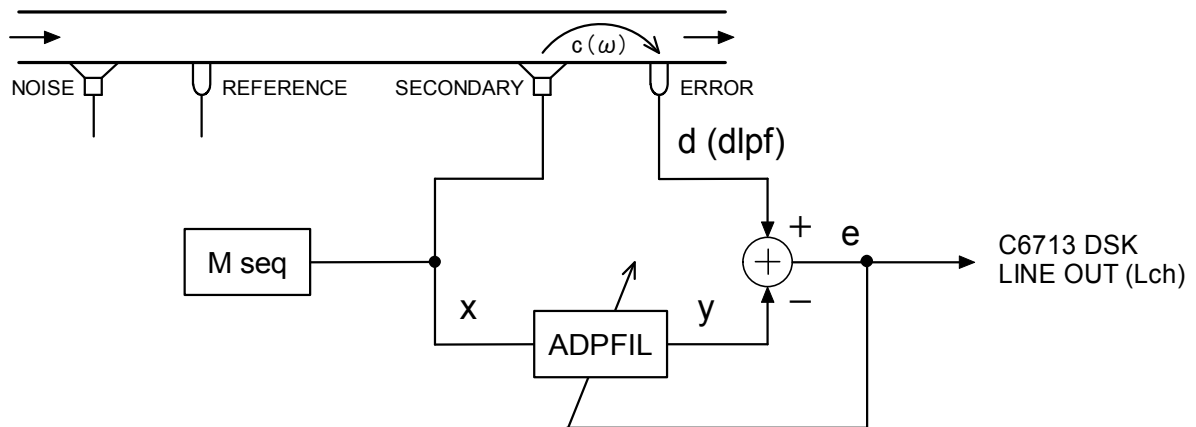
- anc03 は anc01, anc02 を一つにまとめたプログラムに相当します. c(ω) 測定と簡略化した構成での消音を連続しておこないます. c(ω)測定結果のファイル・セーブはしません.

- anc06 は anc01, anc04, anc05 を一つにまとめたプログラムに相当します. c(ω) 測定・hw(ω)測定と消音を連続しておこないます. c(ω) , hw(ω)測定結果のファイル・セーブはしません.

■ ANCソフトウェアのパラメータ修正

ANCKIT付属ミニチュア・ダクトを用いて実験をする場合は，ANCソフトウェアの動作パラメータの設定はデフォルトのままで問題ないはずです． お客様が作成されたダクト等を用いて実験される場合は，フィルタ・タップ長，ステップサイズ・パラメータμ（MU）を適切な値に設定してください． ダクト長によっては，ディレイラインを用いた遅延調整が必要となることもあります．（リング・バッファを用いたディレイ関数は anc04 等に含まれています）

■ ANCAMP の SW2，SW3 のポジション

ANCAMP の SW2，SW3 のオン／オフのポジションは下図のようになっています．

■ anc01　c(ω) 測定プログラム

・下記の構成で SECONDARY SOURCE OUTPUT → ERROR INPUT 間の伝達特性 C(ω)の測定をおこないます.

・デフォルトの動作条件設定

サンプリング周波数　　　　：8kHz
ステップサイズ・パラメータ：0.00001
適応フィルタタップ長　　　：200タップ（フィルタ係数 c[]）

・プログラムの操作手順

１．プログラム実行開始

LED1点灯.　スピーカ（SECONDARY SOURCE）から測定用のＭ系列信号（疑似乱数）が再生されますが，適応フィルタはまだ動作開始しません.

２．SW0プッシュ

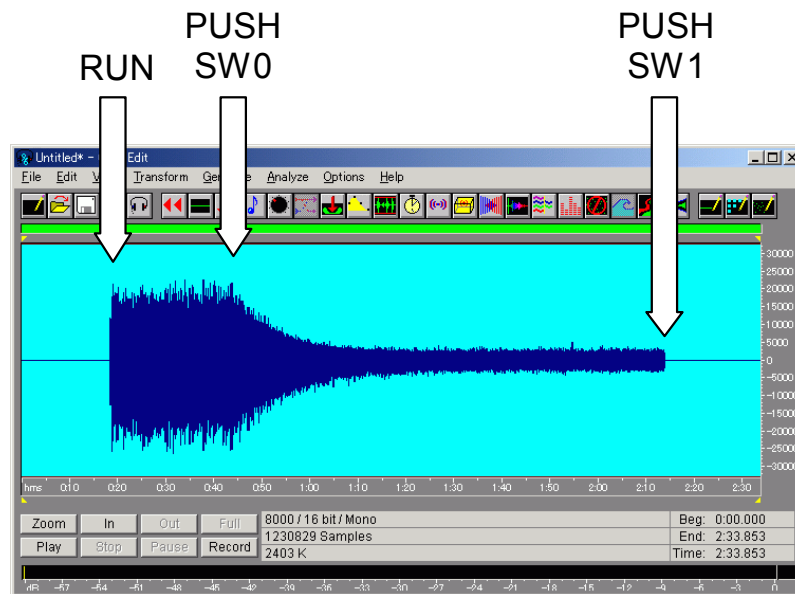
適応フィルタ実行・測定を開始します.　LED1消灯，LED2点灯.
適応アルゴリズムが収束するまで２分～３分待ってから次の処理に進んで下さい.

３．SW1プッシュ

測定結果をファイル（c.inc, c.txt）にセーブ.　LED1点灯，LED2消灯.

・SW2 をオンにすると，CCSのコンソールへの表示を停止します.　コンソール出力時の測定瞬断を防止することが出来ます.

・測定の進行状況（適応アルゴリズムの収束）は C6713 DSK の LINE OUT (Lch)に出力される誤差信号 e を観測することによりモニター出来ます.

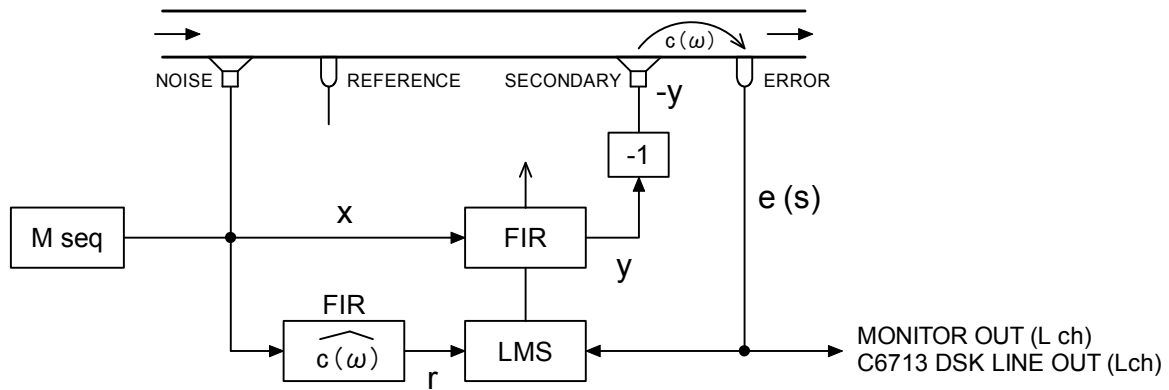
・CCSのグラフ表示機能を用いて，適応フィルタ係数 c[] のグラフ表示が可能です.

C6713 DSK の LINE OUTPUT (Lch) に出力される誤差信号eの変化

anc01を用いたc(ω) 測定の目的

アクティブ消音をする場合，制御ループの中に音響系（打ち消し音源／SECONDARY SOURCE → センサ・マイク／ERROR SENSOR）が含まれます． 通常，この音響系の伝達特性を c(ω) と表記します． アクティブ消音プログラムには，制御ループ内に含まれる音響系の伝達特性 C(ω) を打ち消すためのデジタル・フィルタが組み込まれています． anc01ではアクティブ消音プログラムで使う c(ω) 打ち消し用のデジタル・フィルタの特性（係数）を求めています． anc01で測定した c(ω) の伝達特性（インパルス・レスポンス）のデータは消音プログラム anc02, anc02f, anc05, anc05f で用いています．

■ anc02　簡略化した構成での消音実験プログラム

・下図の簡略化した構成で消音実験をおこないます.

・c(ω) をキャンセルするFIRフィルタ $\overline{c(\omega)}$ の係数はプログラム anc01 で測定して, ファイル c.inc にセーブしておいたものを用います.

・デフォルトの動作条件設定

サンプリング周波数	: 8kHz
ステップサイズ・パラメータ	: 0.00001
$\overline{c(\omega)}$補正フィルタタップ長	: 200タップ（フィルタ係数 c[]）
適応フィルタタップ長	: 400タップ（フィルタ係数 w[]）

・プログラムの操作手順

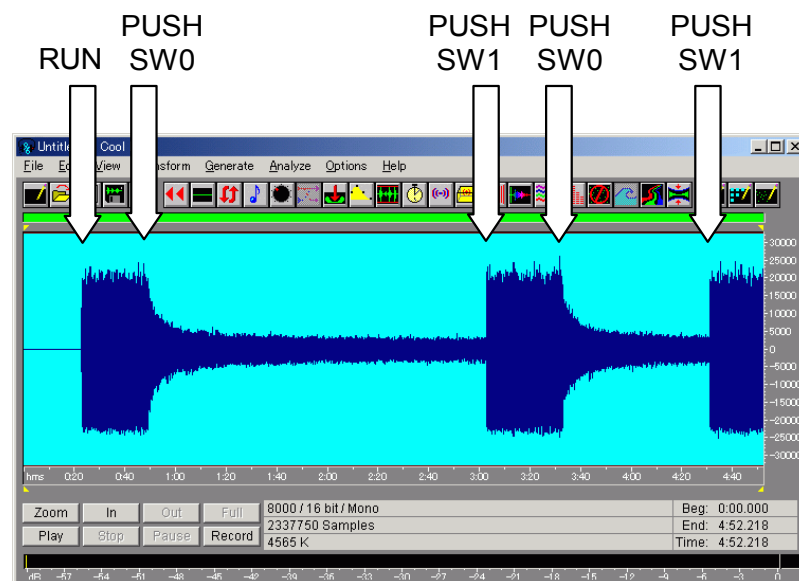
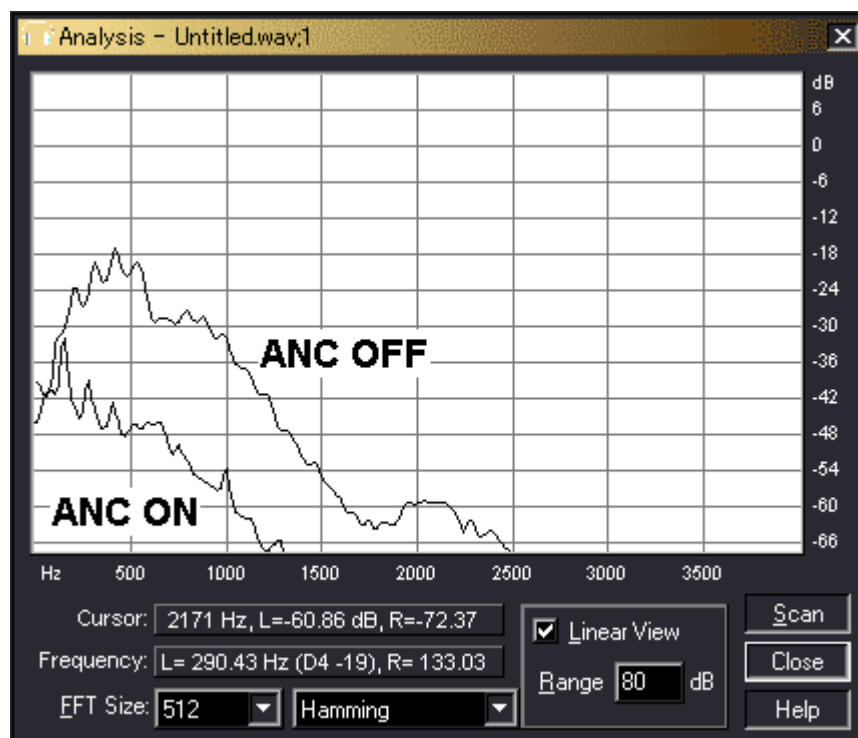
1. プログラムのコンパイル, リンク
   anc02 はプログラム anc01 で測定してファイル c.inc にセーブしたフィルタ係数を include しています.
   c.inc を anc02 のプロジェクトのあるディレクトリにコピーした後に, anc02.c をビルドし直して下さい.
2. プログラム実行開始
   スピーカ（SECONDARY SOURCE）から消音対象となるＭ系列信号（疑似乱数）が再生されますが, 適応フィルタはまだ動作開始しません.　LED1 点灯.
3. SW0プッシュ
   適応フィルタ実行・消音を開始します.　LED1消灯, LED2点灯.
4. SW1プッシュ
   適応フィルタ実行停止, フィルタ係数をすべて０にリセットします.　LED1点灯, LED2消灯.
5. ３に戻って再び消音開始.

・SW2 をオンにするとCCSのコンソールへの表示をしません.　コンソール出力時の測定瞬断を防止することが出来ます.

・消音動作の進行状況（適応アルゴリズムの収束）は MONITOR OUT（Lch)またはC6713 DSK の LINE OUT（Lch）に出力される誤差信号eを観測することによりモニター出来ます.

・CCSのグラフ表示機能を用いて, 適応フィルタ係数 w[] のグラフ表示が可能です.

・耳で消音効果を確認する場合は, ダクト下流側に耳をあてて聞いてください.　プラスチック製のスピーカ・ボックスの振動によるスピーカ・ボックスからの音漏れがあるため、ダクトから離れると消音効果が分かりにくくなります.

・$\overline{c(\omega)}$ 補正フィルタのタップ長は, c(ω) 測定プログラム anc01 の適応フィルタ・タップ長と同一でなければなりません.

MONITOR OUT（L ch）および C6713 DSK の LINE OUTPUT（Lch）に
出力される誤差信号 e の変化

乱流発生用ファンはオフ
横軸：周波数，縦軸：振幅レベル（dB）

■ anc02f　簡略化した構成での消音実験プログラム

・機能は anc02 と同じです．　anc02 との相違点はc(ω)補正用フィルタの係数をソース中に include するのではなく，プログラム実行時にファイルから読み込むことです．　読み込むファイル名は c.txt です．（anc01 から出力された c.txt をあらかじめ，anc02f のあるディレクトリにコピーしておいてください）

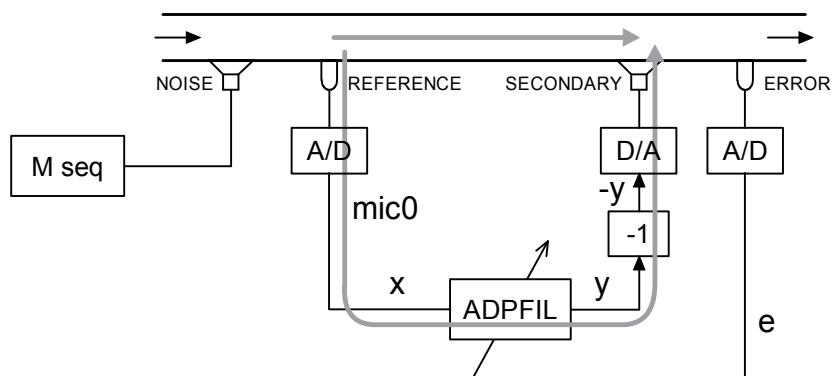
anc02，anc02f を用いた簡略化した構成での消音実験の目的

簡略化しない正規の消音実験の構成には以下の２つの遅延パスがあります．

・騒音の遅延

REFERENCEマイクの位置から打ち消し音源（SECONDARY SOURCE）の位置までのダクト内の音響遅延

・逆位相の打ち消し音源の遅延

REFERENCEマイク→A/Dコンバータ→適応フィルタ→D/Aコンバータ→スピーカ（SECONDARY）の経路の遅延

簡略化しない正規の消音実験の構成

ダクト内を伝播する騒音の遅延よりも，打ち消し音源側の遅延が長いとうまく消音が出来ません．　また，場合によっては打ち消し音源（SECONDARY）から放射した音が上流のREFERENCEマイクに入ってハウリングを生じることもあります．

これらの問題を回避して消音アルゴリズムの基本動作の確認をする時に，簡略化した構成の消音プログラム anc02，anc02f を用います．

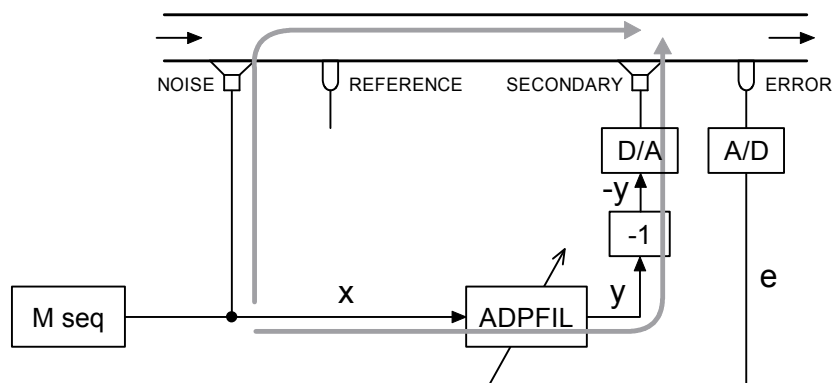
簡略化した消音実験の構成では，遅延パスは以下のようになります．

・騒音の遅延

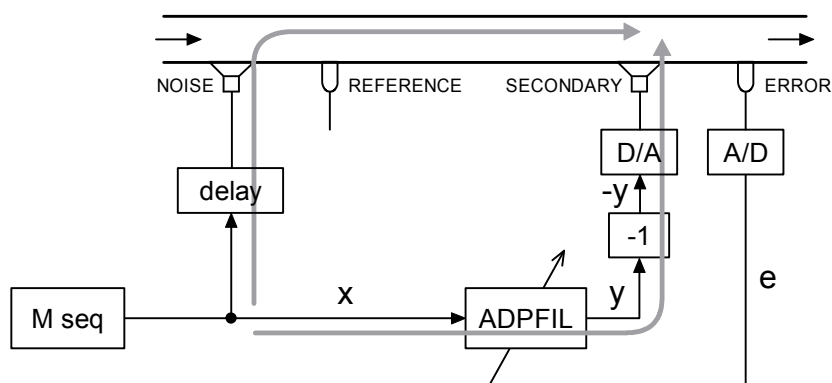
雑音発生用スピーカ（NOISE）の群遅延＋スピーカ（NOISE）の位置から打ち消し音源（SECONDARY SOURCE）の位置までのダクト内の音響遅延

・逆位相の打ち消し音源の遅延

適応フィルタ（ADPFIL）→D/Aコンバータ→スピーカ（SECONDARY）の経路の遅延

（次ページへ続く）

簡略化した消音実験の構成

簡略化した構成では相対的に騒音源側の遅延が長くなるので，遅延の問題を回避して消音アルゴリズムの動作確認が可能です．　この構成ではREFERENCEマイクを使わず，騒音源（Mseq）の出力が直接適応フィルタ（ADPFIL）に入力されているためにハウリングも生じません．

もし上図のような構成でも騒音側の遅延の方が短かく，消音が上手く出来ない場合（ダクトが極端に短い場合など）は，ディレイラインを追加すれば遅延の問題を確実に回避することが可能です．（下図参照）

ディレイライン（delay)付きの簡略化した消音実験の構成

スピーカも群遅延を有することに注意してください．　アクティブ消音においては振動板（振動膜）が軽いマイクロホンの遅延は０として取り扱って差し支えありませんが，グラム単位の質量を持つ振動板（コーン紙）を有するスピーカの群遅延は無視出来ません．　口径の大きいスピーカほどコーン紙が大きく重いので，群遅延は大きくなります．

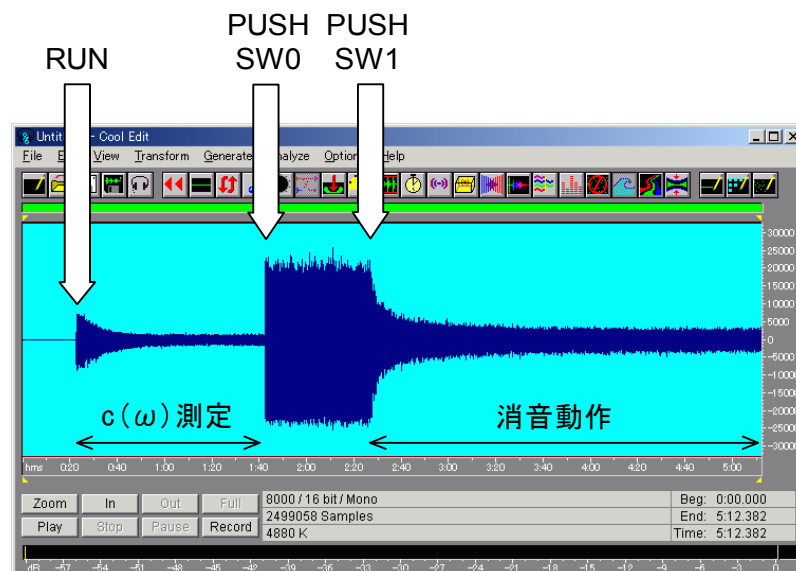
■ anc03　簡略化した構成での消音実験プログラム（c(ω)測定を含む）

・anc02 と同じ簡略化した構成での消音実験をおこないます.
　anc01 と anc02/anc0f をーつにまとめたプログラムに相当します.
　一つのプログラムで　c(ω) 測定, 消音動作を連続的におこないます.

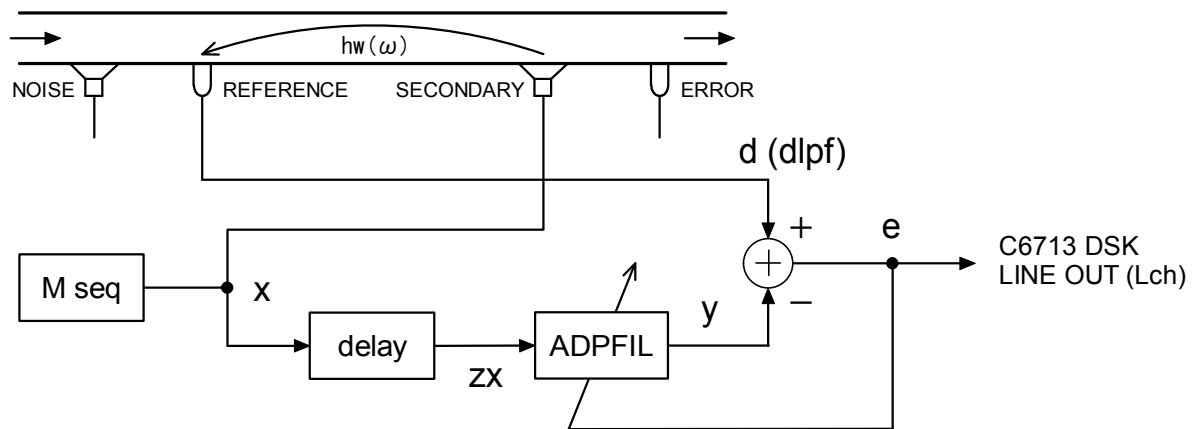
・デフォルトの動作条件設定
　サンプリング周波数　　　　：8kHz
　ステップサイズ・パラメータ：0.00001
　―――
　c(ω)補正フィルタタップ長　：200タップ（フィルタ係数 c[]）
　適応フィルタタップ長　　　：400タップ（フィルタ係数 w[]）

・プログラムの操作手順
　1．プログラム実行開始
　　ただちに c(ω) 測定を開始します.　LED1点灯.
　　適応アルゴリズムが収束するまで２分～３分待ってから次の処理に進んで下さい.
　2．SW0プッシュ
　　c(ω) 測定を中止します.　LED1消灯, LED2点灯.
　　NOISE OUTPUTからM系列信号（疑似乱数）が出力されますが, まだ消音動作は開始しません.
　3．SW1プッシュ
　　消音動作を開始します.　LED2消灯, LED3点灯

・プログラムの動作状況（適応アルゴリズムの収束）は MONITOR OUT (Lch)またはC6713 DSK の LINE OUT (Lch) に出力される誤差信号eを観測することによりモニター出来ます.

・CCSのグラフ表示機能を用いて, 適応フィルタ係数 c[], w[] のグラフ表示が可能です.

MONITOR OUT (L ch) および C6713 DSK の LINE OUTPUT (Lch) に
出力される誤差信号 e の変化

■ anc04　hw(ω) 測定プログラム

・下記の構成で SECONDARY SOURCE OUTPUT → REFERENCE INPUT 間の伝達特性 hw(ω) の測定をおこないます.
・スピーカ／マイク間の距離と比較して適応フィルタのタップ長が短いために，遅延調整のためのディレイライン（delay）を用いています.

・デフォルトの動作条件設定

サンプリング周波数　　　　：8kHz
ステップサイズ・パラメータ：0.00001
適応フィルタタップ長　　　：200タップ（フィルタ係数 hw[]）
遅延補正ディレイライン長　： 20タップ

・プログラムの操作手順

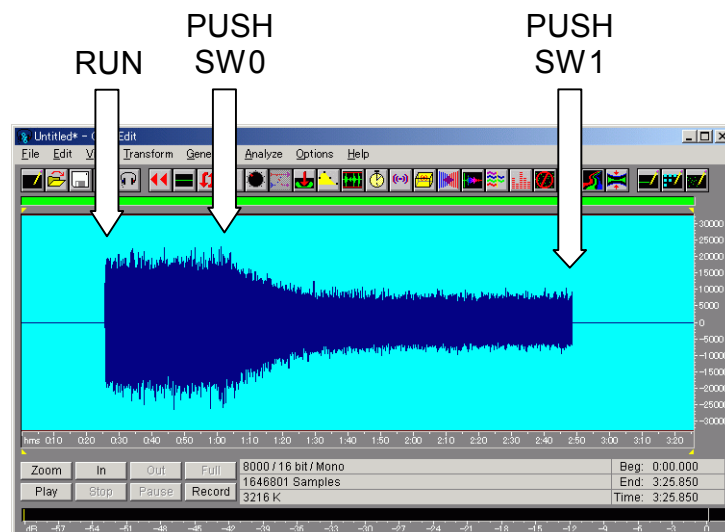
1．プログラム実行開始
　LED1 点灯.　スピーカ（SECONDARY SOURCE）から測定用のM系列信号（疑似乱数）が再生されますが，適応フィルタはまだ動作開始しません.

2．SW0プッシュ
　適応フィルタ実行・測定開始.　LED1消灯，LED2点灯.
　適応アルゴリズムが収束するまで２分～３分待ってから次の処理に進んで下さい.

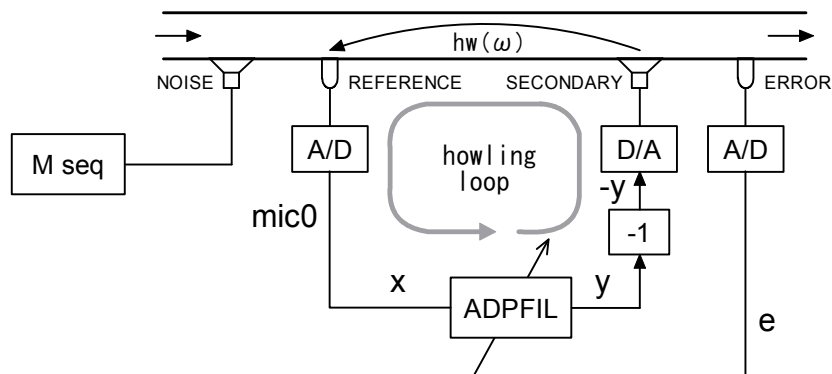
3．SW1プッシュ
　測定結果をファイル（hw.inc, hw.txt）にセーブ.　LED1点灯，LED2消灯.

・SW2 をオンにすると，CCSのコンソールへの表示をしません.　コンソール出力時の測定瞬断を防止することが出来ます
.

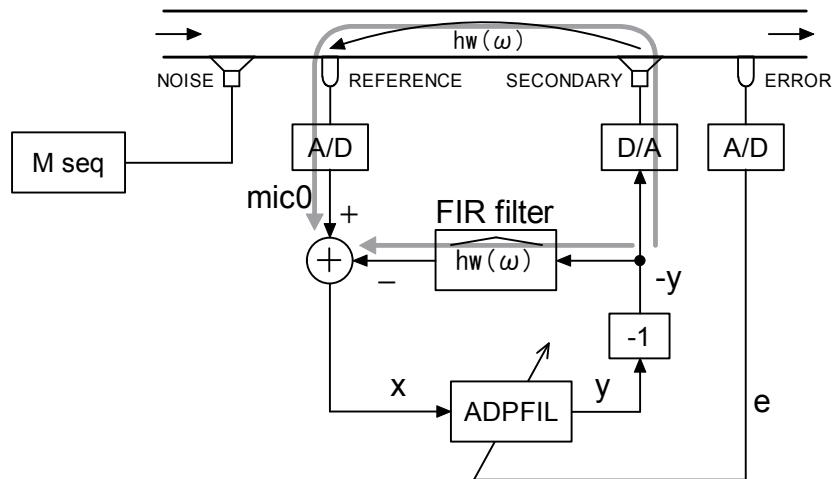
・測定の進行状況（適応アルゴリズムの収束）は C6713 DSK の LINE OUT (Lch)に出力される誤差信号eを観測することによりモニター出来ます.

・CCSのグラフ表示機能を用いて，適応フィルタ係数 hw[] のグラフ表示が可能です.

C6713 DSK の LINE OUTPUT (Lch) に出力される誤差信号 e の変化

anc04を用いたhw(ω) 測定の目的

下図の消音システムの構成では，条件によっては打ち消し音源スピーカ (SECONDARY) から出力した逆位相の音が上流のマイク (REFERENCE) に入ってハウリングが生じることがあります．

ハウリング防止フィルタ無しの消音システムの構成

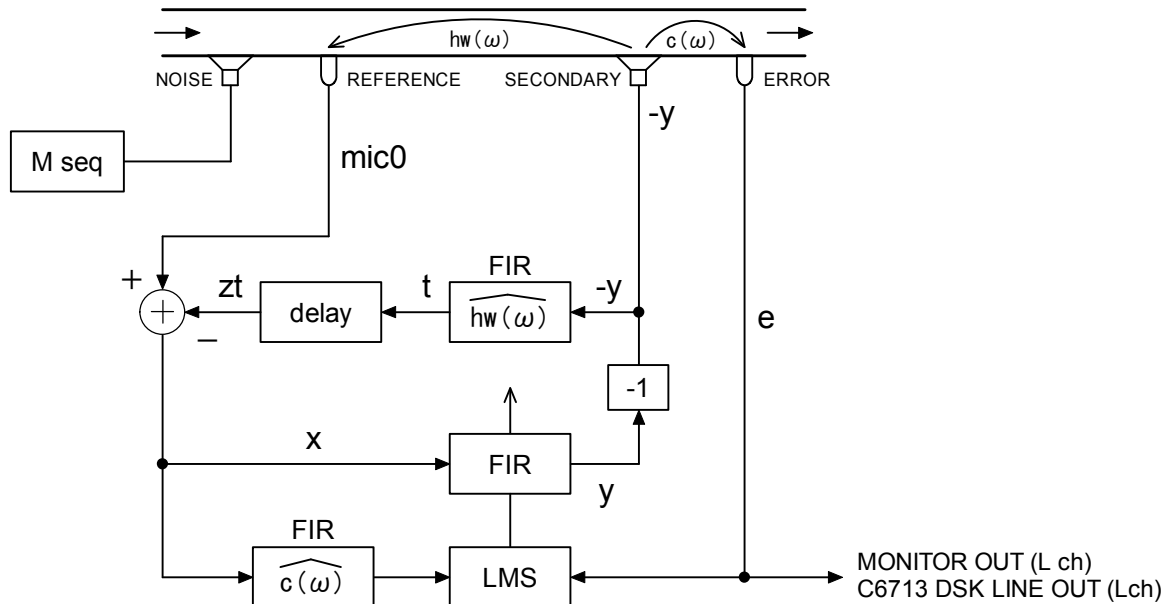
ハウリングを防ぐために，実際のアクティブ消音プログラムにはハウリング防止用フィルタが組み込まれています．（下図）

anc04を用いて伝達特性hw(ω)の測定をおこない，そのデータを消音プログラムのハウリング防止FIRフィルタの係数（インパルス・レスポンス）として用います． なおanc04を使って測定した伝達特性hw(ω)にはマイク，スピーカ，A/D・D/Aコンバータの遅延も含まれます．

ハウリング防止フィルタ付きの消音システムの構成

■ anc05　消音実験プログラム

・下図の正規の消音システムの構成で消音実験をおこないます.

・c(ω) をキャンセルするFIRフィルタの係数 $\overline{c(\omega)}$, ハウリング防止用

フィルタの係数 $\overline{hw(\omega)}$ はプログラム anc01 および anc04 で測定して, ファイルにセーブしておいたものを用います.

・デフォルトの動作条件件設定

サンプリング周波数	: 8kHz
ステップサイズ・パラメータ	: 0.00001
$\overline{c(\omega)}$補正フィルタタップ長	: 200タップ（フィルタ係数 c[]）
ハウリング防止フィルタタップ長	: 200タップ（フィルタ係数 hw[]）
遅延補正ディレイライン長	: 20タップ
消音用適応フィルタタップ長	: 500タップ（フィルタ係数 w[]）

・$\overline{c(\omega)}$補正フィルタのタップ長はc(ω)測定プログラム anc01 の適応フィルタ・タップ長と同一でなければなりません.

・ハウリング防止フィルタのタップ長とディレイライン長はhw(ω)測定プログラム anc04 のタップ長, ディレイライン長と同一でなければなりません.

・耳で消音効果を確認する場合は, ダクト下流側に耳をあてて聞いてください.　プラスチック製のスピーカ・ボックスの振動によるスピーカ・ボックスからの音漏れがあるため、ダクトから離れると消音効果が分かりにくくなります.

・プログラムの操作手順

1．プログラムのコンパイル，リンク

anc05 はプログラム anc01 で測定してファイル c.inc にセーブしたフィルタ係数およびプログラム anc04 で測定してファイル hw.inc にセーブしたフィルタ係数を include しています． c.inc, hw.inc を anc05 のプロジェクトのあるディレクトリにコピーした後に，anc05.c をビルドし直して下さい．

2．プログラム実行開始

プログラム実行前にSW3はOFFにしておいてください． LED1 点灯． スピーカ (SECONDARY SOURCE) から消音対象となるM系列信号（疑似乱数）が再生されますが，まだ適応フィルタは動作開始しません．

3．SW0プッシュ

適応フィルタ実行・消音開始． LED1消灯，LED2点灯．

適応フィルタが収束するまで２分～３分待ってください．

4．SW3オン

適応フィルタの学習動作を停止します． 消音動作は継続しますが，適応アルゴリズムによる適応フィルタ係数の更新はおこないません．

5．SW1プッシュ

消音停止． LED1点灯，LED2消灯．

6．SW0プッシュ

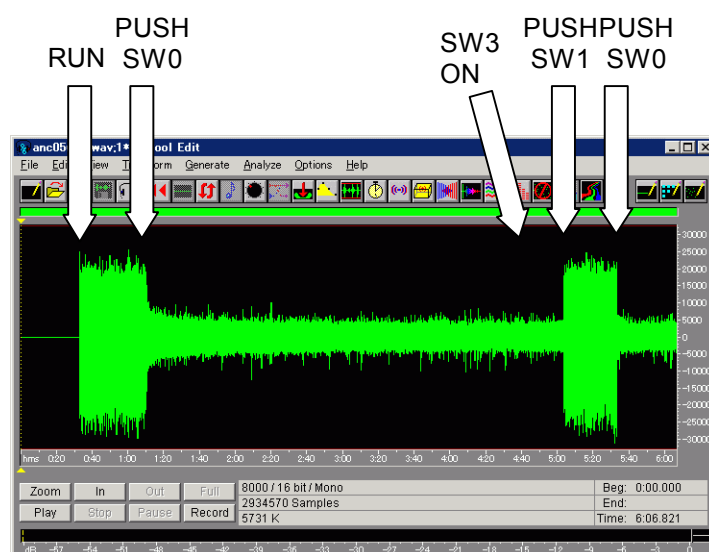
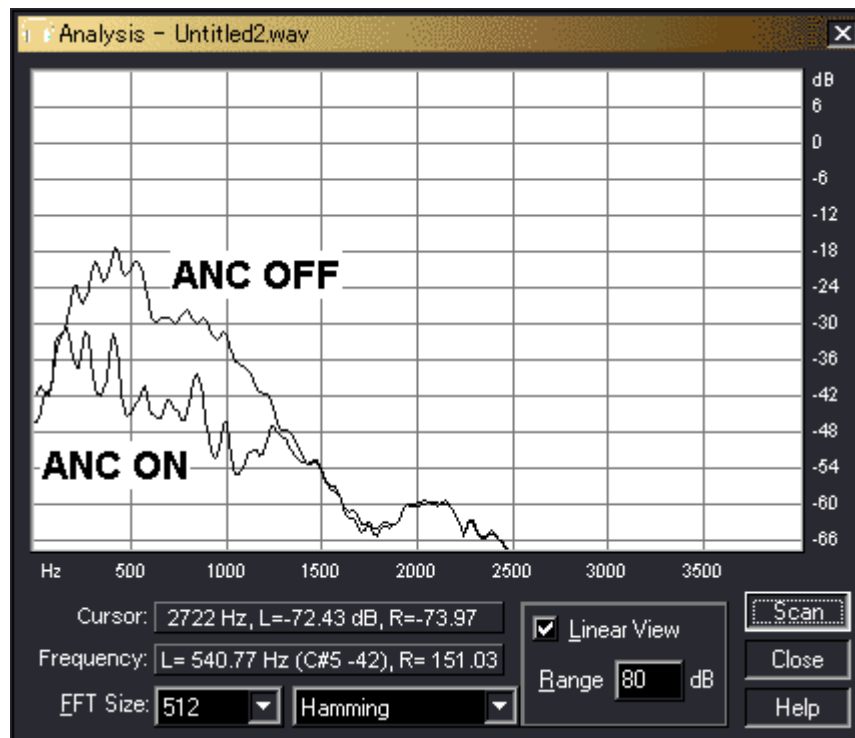
SW3オンの時点でロックしたフィルタ係数を用いて適応フィルタが再び消音動作を開始します．

7． ５に戻る

アクティブ消音をON/OFFして，消音効果を比較することが出来ます．

・SW2 をオンにすると，CCSのコンソールへの表示をしません． コンソール出力時の測定瞬断を防止することが出来ます．

・CCSのグラフ表示機能を用いて，適応フィルタ係数 w[] のグラフ表示が可能です．

・消音動作の進行状況（適応アルゴリズムの収束）は MONITOR OUT (Lch)またはC6713 DSK の LINE OUT (Lch) に出力される誤差信号 e を観測することによりモニター出来ます．

MONITOR OUT (L ch) および C6713 DSK の LINE OUTPUT (Lch) に出力される誤差信号 e の変化（SW3をオンにするとフィルタ係数更新が止まるために，以降は消音動作中の誤差信号のパワーが変化しません）

消音効果（誤差信号 e のスペクトル）
乱流発生用ファンはオフ
横軸：周波数，縦軸：振幅レベル（dB）

■ anc05f　消音実験プログラム

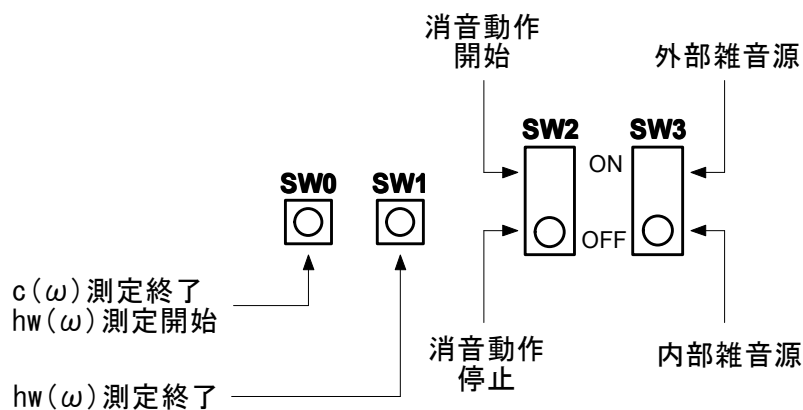
・機能は anc05 と同じです．　anc05 との相違点はc(ω)補正用フィルタ，ハウリング防止用フィルタの係数を
ソース中に include するのではなく，プログラム実行時にファイルから読み込むことです．
読み込むファイル名は c.txt および hw.txt です．（anc01 から出力された c.txt，anc04 から出力された hw.txt を
あらかじめ，anc05f のあるディレクトリにコピーしておいてください）

■ anc06　消音実験プログラム

・anc01, anc04, anc05/anc05f を一つにまとめたプログラムに相当します.
　一つのプログラムで c(ω)測定, hw(ω)測定, 消音動作を連続的におこないます. （サンプリング周波数8KHz）

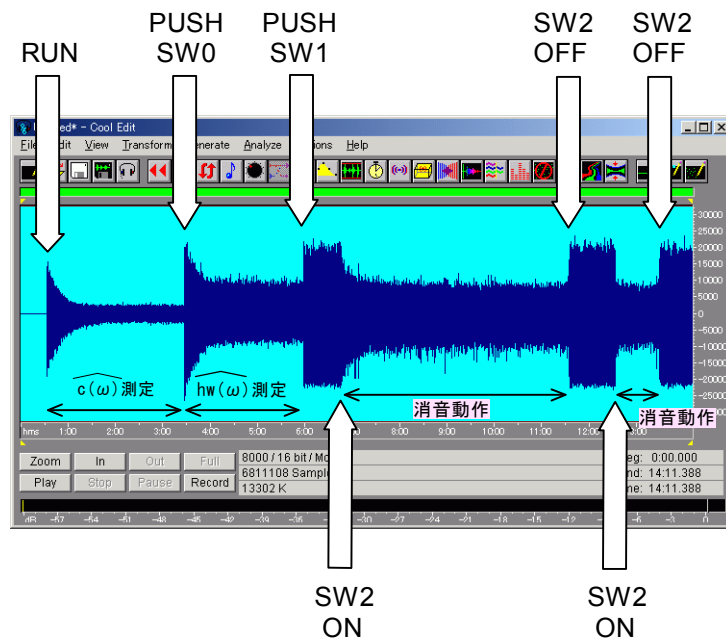
・デフォルトの動作条件設定
　　サンプリング周波数　　　　　　：8kHz
　　ステップサイズ・パラメータ　　：0.00001

　　c(ω)補正フィルタタップ長　　：200タップ（フィルタ係数 c[]）
　　ハウリング防止フィルタタップ長：200タップ（フィルタ係数 hw[]）
　　遅延補正ディレイライン長　　　： 20タップ
　　消音用適応フィルタタップ長　　：500タップ（フィルタ係数 w[]）

・anc06でのアンプ基板（ANCAMP）のスイッチの機能は下図のとおりです.

・プログラムの操作手順
　1. アンプ基板（ANCKIT）の初期設定
　　プログラム実行前にSW2, SW3 はオフにしてください. （上図参照）
　2. プログラム実行開始
　　　ただちに c(ω) 測定を開始します.　LED1点灯.
　　　適応アルゴリズムが収束するまで２分～３分待ってから次の処理に進んで下さい.
　3. SW0プッシュ
　　　c(ω) 測定を終了し, hw(ω)の測定を開始します.　LED0点灯, LED1点灯.
　　　適応アルゴリズムが収束するまで２分～３分待ってから次の処理に進んで下さい.
　3. SW1プッシュ
　　　hw(ω) 測定を中止します.　NOISE OUTPUTからM系列信号（疑似乱数）が出力されますが, まだ消音動作は開始しません.　LED2消灯, LED3点灯.
　4. SW2オン
　　　消音動作を開始します.
　5. SW2オフ
　　　消音動作を停止します.　SW2をオフにした時点での適応フィルタ係数w[]は保存されていますので, 以後SW2のオン／オフを切り替えて消音効果を比較することが出来ます.

・SW3をオンに設定して, EXT NOISE INPUTに入力した信号の消音実験をすることも可能です.

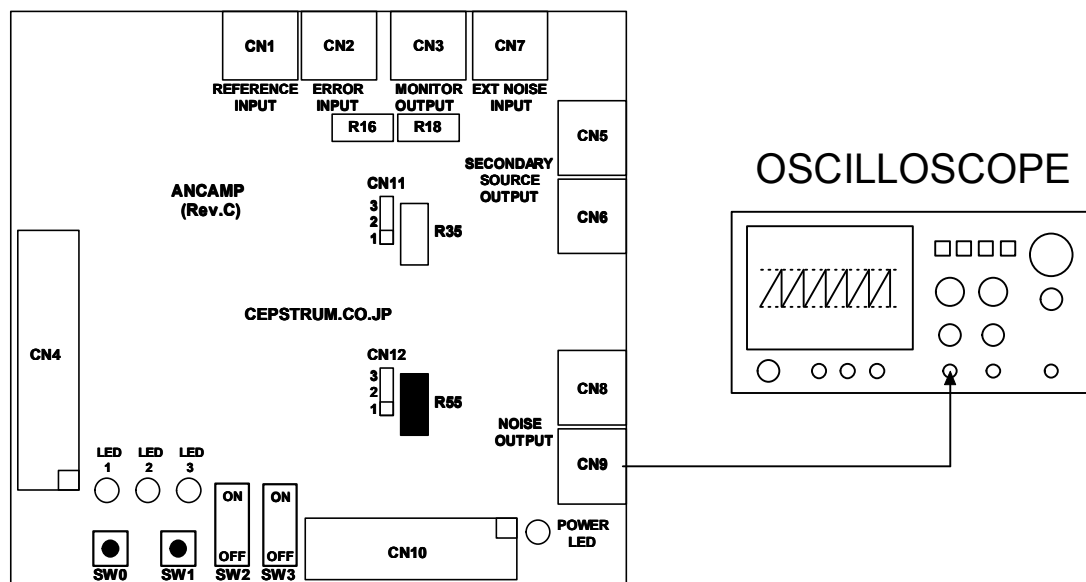
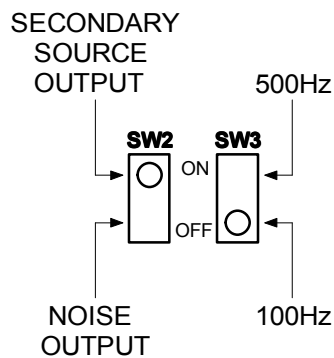
・プログラムの動作状況（適応アルゴリズムの収束）は MONITOR OUT (Lch)またはC6713 DSK の LINE OUT (Lch) に出力される誤差信号 e を観測することによりモニター出来ます.

・CCSのグラフ表示機能を用いて, 適応フィルタ係数 c[] のグラフ表示が可能です.

MONITOR OUT (L ch) および C6713 DSK の LINE OUTPUT (Lch) に
出力される誤差信号 e の変化

■ adj01　アンプ基板（ANCAMP）のゲイン調整用プログラム

・adj01 はアンプ基板（ANCAMP）の雑音源（NOISE OUTPUT, CN8/CN9）の出力レベル設定トリマ R55 の調整に用いるプログラムです．（出荷時の設定のままで使用している限り R55 の再調整は必要ありません）

・プログラムの機能はゲイン調整用のテスト信号を出力するだけです．
スイッチの設定により出力信号の周波数，出力端子（NOISE OUTPUT, SECONDARY SOURCE OUTPUT）を選択します．

・下図のように接続してオシロスコープで出力信号レベルを観測しながら調整をおこないます．

・SW2, SW3 で出力端子，周波数を切り替えます．

・R55 調整方法

SW2, SW3 は下記のように設定します．
SW2 : OFF（NOISE OUTPUT）
SW3 : OFF（100Hz）

NOISE OUTPUT をオシロスコープで観測して，出力電圧が 4.0Vpp になるように R55 を調整してください．

・SECONDARY SOURCE OUTPUT）の出力レベル設定トリマ R35 は出力電圧最大に設定して使ってください．
（出荷時の設定のままで使用している限り R35 の再調整は必要ありません）

■ サンプル・プログラム内部の説明

・消音アルゴリズムには入力信号のパワーによる正規化処理を付け加えた filtered-x LMSアルゴリズムを用いています.

・一般的にLMSアルゴリズムではステップサイズ・パラメータは 0.01～0.001 程度が適切とされていますが,
サンプル・プログラムでは正規化処理を用いているためにステップサイズ・パラメータの設定値が異なります.

・サンプル・プログラムのコンパイラのオプティマイズ・レベル設定は下記のようになっています.

main関数を含むソース　　:None
firlms.c　　:Local(-o2)

ソースファイルfirlms.cにはFIRフィルタ関数firおよび適応アルゴリズム関数lmsが含まれています.

・標準版のプログラム（ディレクトリ ¥anc¥norm）のFIRフィルタ関数および適応アルゴリズム関数では，Ｃ言語の
ソース・レベルの記述の工夫で処理を高速化しています.　素直にリング・バッファを用いて記述した時に必要と
される場合の２倍のメモリを用いて，ループ中の剰余演算を不要としています.（詳しくはソースをご覧下さい）
概算の処理クロック数は下記のとおりです.
関数fir　（フィルタ・タップ長）ｘ５ クロック
関数lms　（フィルタ・タップ長）ｘ４ クロック

・高速版のプログラム（ディレクトリ ¥anc¥fast）のFIRフィルタ関数には TIが無償配布している信号処理ライブラリを
用いています.（詳しくはソースをご覧下さい）　概算の処理クロック数は下記のとおりです.
関数fir　（フィルタ・タップ長）ｘ３ クロック
関数lms　（フィルタ・タップ長）ｘ４ クロック

・コンパイラのオプション設定を変更すれば，さらにプログラムの高速化をする余地はあります.
たとえばオプティマイズ・レベルを None から -o0 以上にした上で，Generate Debug Info を「Full Symbolic Debug」
から「No Debug」に変更するだけでも，よりオプティマイズがかかるようになります.（ただし，ソースコード・
デバッグは不便になります）

・すべてのプログラムのサンプリング周波数は8kHzです.
消音帯域の上限を1kHz程度とした場合に最低限必要なサンプリング周波数です.　より大型のダクトを用いた場合
（消音帯域の上限が低くなる場合）もサンプリング周波数の設定は8kHzのままで問題ありません.

・消音処理はC6713 DSK上のA/D・D/A(CODEC)の制御のためのシリアルポート（McBSP）受信割込関数mcbsp_rx1_intrの
中に記述しています.　関数mcbsp_rx1_intrはサンプリング周波数8kHzで周期的に起動されます.

・8kHz以外のサンプリング周波数に設定する場合は，タイマー割込を使って下さい.　タイマー割込の使用例はA/D・D/A
ボードDSK8AD1DAのサンプルプログラムをご覧下さい.

・お客様が作成されたダクトを使って実験される場合に，プログラムを修正する必用がある箇所は，基本的にはステップ
サイズ・パラメータとフィルタ・タップ長だけです. なお，ダクトが長い時は遅延調整用のディレイの追加が必用となる
場合もあります.

・いずれのプログラムも特にメモリ使用量削減の工夫はしていません.　FIRフィルタとLMSアルゴリズムに基づく
フィルタ係数更新処理とで変数を共用化する等の修正を加えれば，かなりメモリ使用量を削減することが可能です.

■ 浮動小数点演算のエラーについて

・ステップサイズ・パラメータμ（MU）の設定値が大きすぎた場合などに，適応アルゴリズムが収束せずにフィルタが発振状態になります．　通常は発振状態が継続しますが，条件によっては浮動小数点演算のエラーが発生して，見かけ上フィルタが動作を停止したようになることがあります．（消音動作開始後に打ち消し音源から一瞬ノイズが発生するが，その後打ち消し音源出力が０になる）

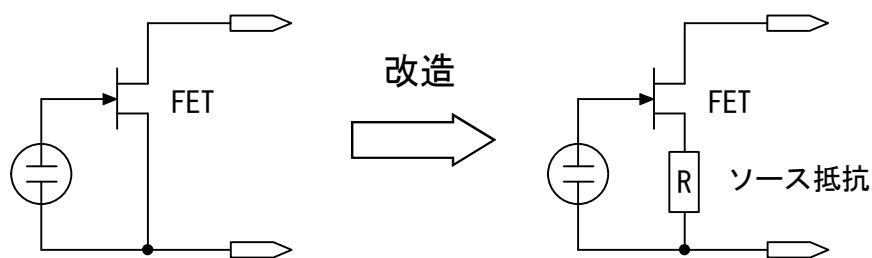
・これは浮動小数点演算のエラーにより計算結果が IEEE754 浮動小数点フォーマットで定義されている NaN（Not a Number，非数）になったためです．　ANCKITの消音プログラムでは発散（発振）により演算の途中でNaNが発生すると、NaNを含む演算の結果、適応フィルタ出力はすべて０になります．

・通常，ステップサイズ・パラメータμ（MU）の設定値過大のために，NaNが生ずると打ち消し音源（SECONDARY SOURCE）のスピーカの出力が急激に大きくなった後，出力がゼロになります．　音を聞いただけでは確実に判断することが難しいかもしれませんが，適応フィルタ関数内の変数をウォッチして値がNaNになっているかどうかで，ステップサイズ・パラメータ過大による適応アルゴリズム発散，浮動小数点エラー発生していることを確認することが出来ます．
対策としては，ステップサイズ・パラメータμ（MU）の値を小さくしてください．

■ セキュリティ・ソフトについて

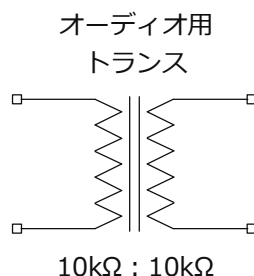
・DSPボード（C6713 DSK）とパソコンのUSB経由での通信には専用のデバイス・ドライバを用いています．
パソコンにインストールされたセキュリティ・ソフト（アンチウイルス・ソフト等）がデバイス・ドライバの動作をブロックして、DSPの統合開発環境CCS（Code Composer Studio）が正常に起動出来ない場合があります．
この場合は、一時的にセキュリティ・ソフトの動作を一時的に停止してください．　当然ながら脆弱性が生じますので、必要に応じてネットワークとの接続を遮断する・USBメモリの使用を停止する等の対処もおこなってください．

■ 付属マイクについて

・ANCKIT付属マイクは市販のエレクトレット・コンデンサ・マイクのユニットを改造したものを用いています．
下図に示すように，ゼロ・バイアス動作のアンプ（FET）にソース抵抗を追加して大入力時のリニアリティを改善しています．

・アクティブ消音システムに使用するマイクロホンには厳密な周波数特性の平坦性は要求されません．
適応フィルタ（適応アルゴリズム）はマイク，スピーカの周波数特性も含めた適応等価動作をします．

■ 付属品のアイソレーション・トランス（ケース入り）について

・ANCKIT付属のコントローラ基板（DSP, A/D・D/A, Filter/AMP）とパソコンをUSBケーブルと接続した上で，基板のモニタ出力とパソコン内蔵サウンドボードの入力端子をケーブルで接続するとグランド・ループが生じて，サウンドボードの入力にノイズが混入する場合があります。

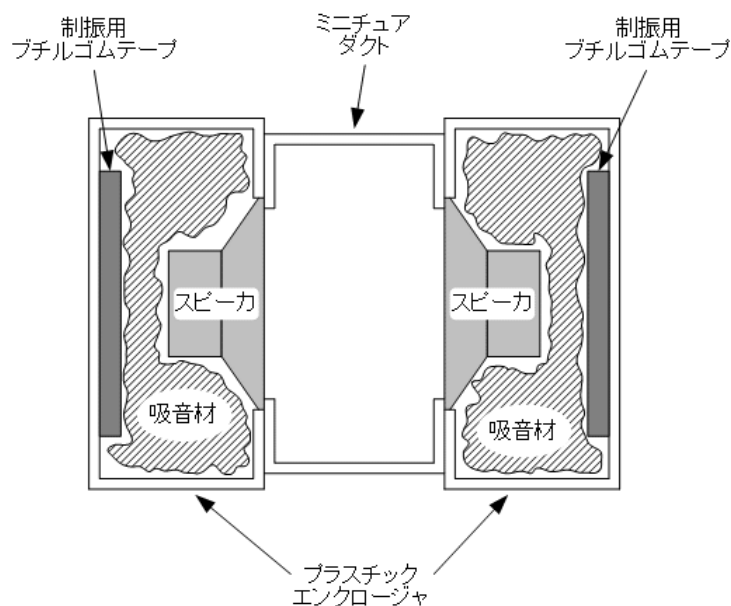
・ノイズの問題が生じた場合は，ANCKIT付属のコントローラ基板とパソコン内蔵サウンドボードの間に付属品のアイソレショーン・トランス（ケース入り）を挿入して下さい。

付属アイソレーション・トランス（ケース入り）
入出力はモノラル・ミニジャック

■ LPF（アンチ・エリアジング・フィルタ）の外付けについて

・ANCKIT付属のアンプ基板（ANCAMP）を取り外し、A/D・D/AボードDSK8AD1DAに外付けのLPF、アンプを取り付けて実験される場合、LPFにはNF回路設計ブロックのフィルタ・モジュール（SR, SRA, VTシリーズ）を使用することをお薦めします．　フィルタ・モジュールを収納する電源付きケースもNF回路設計ブロックから販売されています．

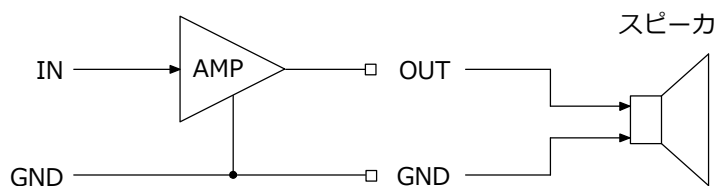
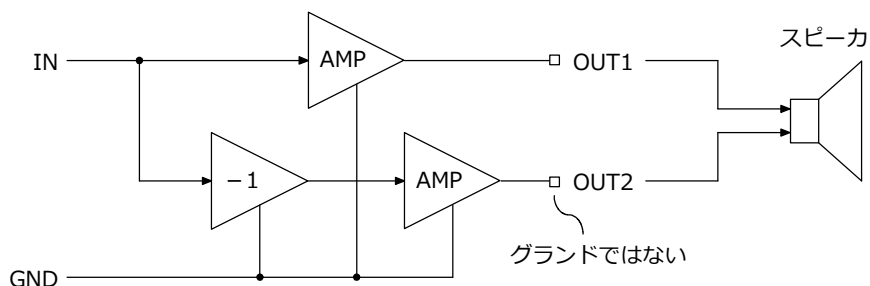
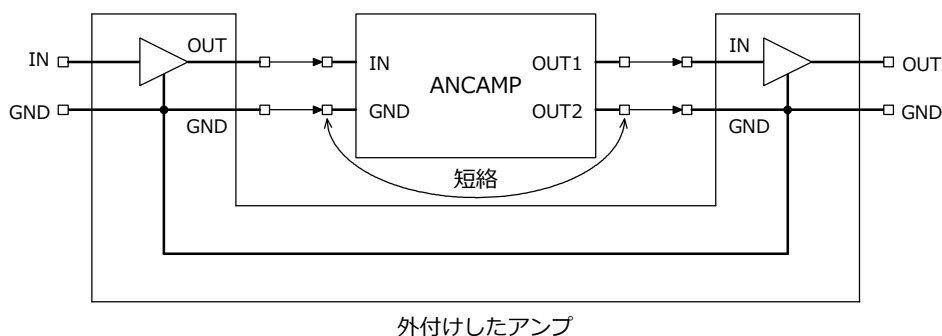
NF回路設計ブロック　http://www.nfcorp.co.jp/

■ スピーカ・エンクロージャの構造

・プラスチック製のスピーカ・エンクロージャの構造は下図のようになっています．　音響的に常識的な構造で、特別なところはありません．　スピーカは汎用の小型コーンスピーカです．

■ ANCKITアンプ基板（ANCAMP）のスピーカ出力のBTL接続について

・ANCKITのアンプ基板（ANCAMP）のスピーカ駆動パワーアンプ出力はBTL（Bridge Tied Load）接続になっています．
２本のスピーカ接続端子の両方ともグランド電位から浮いていることに注意してください．

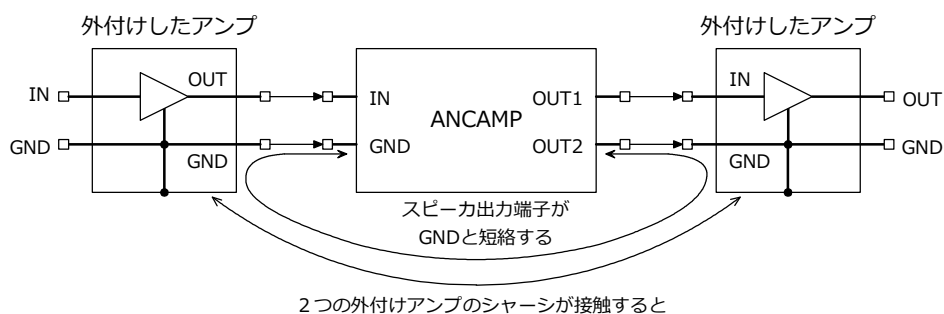
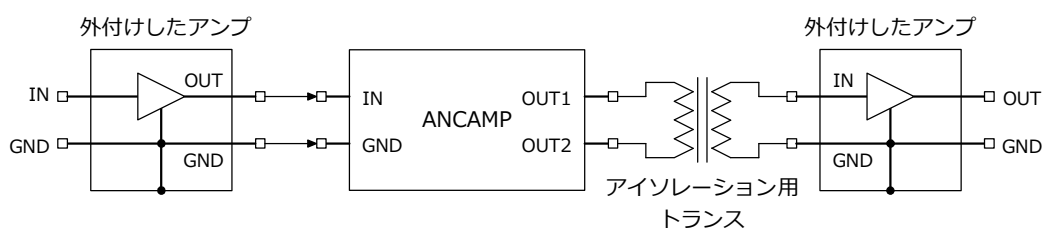
・ANCKITのアンプ基板（ANCAMP）のスピーカ出力の２つの端子は両方ともグランド（GND）に接地しないでください．
OUT2もグランド（GND）に接地してはいけません．最悪の場合，アンプ基板に搭載されたパワーアンプICが破損する場合があります．

・アンプ基板（ANCAMP）のスピーカ出力端子のコネクタには3.5mmのミニジャックを用いています． 他の入出力端子にも同様にミニジャックを用いていますが，他の機器とミニプラグを用いて接続した場合にも，スピーカ出力とグランドが短絡してアンプ基板（ANCAMP）に搭載されたパワーアンプICが破壊されることがありますのでご注意ください．

BTL接続ではないアンプのスピーカ接続（一般のオーディオアンプ）

ANCKITのアンプ基板（ANCAMP）のスピーカ接続（BTL接続）

アンプ基板（ANCAMP）に他の機器を接続した場合に
スピーカ出力端子がグランドと短絡する場合がある

■ ANCKITアンプ基板（ANCAMP）へのアンプ外付けについて

・ANCKITのアンプ基板（ANCAMP）のスピーカ駆動パワーアンプ出力はBTL（Bridge Tied Load）接続になっています．
２本のスピーカ接続端子の両方ともグランド電位から浮いています．　実サイズの大型ダクトを用いた実験等のために
アンプ基板のスピーカ出力端子にパワーアンプを外付けする場合，アイソレーション用のトランスを挿入してください．

・使用するトランスは橋本電気（サンスイ・ブランド）の小型のもので十分です．　インピーダンスが600Ω：600Ω～
10kΩ：10kΩ程度のものなら何でも使えます．　中間タップ付きのものを使えば信号レベルを調整することも可能です．

・非常に低い周波数で実験をおこなう場合は大型の低周波特性の良いトランスを選んでください．

ANCKITのアンプ基板（ANCAMP）にアンプを外付けすると
BTL接続になっているスピーカ出力端子がGNDと短絡する場合があります

出力短絡等のトラブルを防止のために，BTL接続のスピーカ出力端子と
外付けアンプの間にはアイソレーション用のトランスを挿入して下さい